Revista Internacional de
Ingeniería
de Estructuras

Vol. 24, 2, 201-222 (2019)

STRUCTURAL REINFORCEMENT WITH WALLS OF CUT, OF BUILDING OF THE FACULTY OF PHILOSOPHY AND LETTERS OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF MANABÍ.

Jorge Palacios, Marcos Zevallos, Lincoln García, Carlos Villacreses y Edgar Menéndez.

Departamento de Construcciones, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí UTM. Av. José María Urbina y Calle Che Guevara. Jorgepalacios_54@hotmail.com; marcoszevallos66@yahoo.com; javier.2374@hotmail.com; cavistar@hotmail.com; edfamenendez@gmail.com

Received: February 2019. Accepted: March 2019

SUMMARY

It presents the first stage of the reinforcement and its most relevant aspects, the Building of Philosophy and Letters of the Technical University of Manabí, which was affected by the earthquake of April 16, 2016, which had a Magnitude of 7.8 on the scale of Richter.

What is intended is to give greater rigidity and resistance to building with the construction of cutting walls, since the structure is very flexible. Also some of the dividing walls have been overthrown and instead of these walls were built with lightweight materials such as Gypsum which is a flexible and lightweight material.

On the other hand, the fifth floor of the Building has not yet been overthrown, which is another recommendation that was made in the Structural Evaluation studies, since this floor was later built and did not appear in the initial construction calculations.

Key Words: Cutting Walls, Structural Reinforcement, Walls of Gypsum.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MUROS DE CORTE, DE EDIFICIO DE LA FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

RESUMEN

Se presenta la primera etapa del reforzamiento y sus aspectos más relevantes, del Edificio de Filosofía y Letras de la universidad Técnica de Manabí, que fue afectado por el terremoto del 16 de abril de 2016, que tuvo una Magnitud de momento de 7.8 en la escala de Richter.

Lo que se pretende es dar mayor rigidez y resistencia a la edificación con la construcción de muros de corte, ya que la Estructura es muy flexible. También se han derrocado algunas de las paredes divisorias y en vez de éstas se construyeron paredes con materiales livianos como el Gypsum que es un material flexible y poco pesado.

Por otra parte, en la actualidad, se ha derrocado el quinto nivel de la Edificación, que es otra recomendación que se hizo en los estudios de Evaluación Estructural, ya que este piso se lo construyo posteriormente y no constaba en los cálculos iniciales de la edificación. (Aguiar, *et al.*, 2016).

Palabras Claves: Muros de Corte, Reforzamiento Estructural, Paredes de Gypsum.

1. INTRODUCCIÓN

El Edificio de la Facultad de filosofía y Letras de la Universidad Técnica de Manabí, durante el terremoto del 16 de abril de 2016, sufrió mucho daño en sus elementos no estructurales, como son paredes, cielos rasos del quinto piso y celosías de aluminio y vidrio. Y también en algunos elementos Estructurales como las columnas que entraron en el rango no Lineal. Para una mayor comprensión hacemos una descripción de la conformación estructural del edificio. En la fig. **1,** se muestra el Edificio en la que se puede notar que consta de cinco pisos, una planta baja que está dedicada para el uso de oficinas del personal Administrativo, los pisos altos del uno al cuarto están dedicados para aulas de los estudiantes, cabe resaltar que el quinto nivel, como se pude notar en la figura es un piso añadido, el mismo que se ha recomendado ser demolido.



Figura 1 Edificio de Filosofía y Letras, UTM

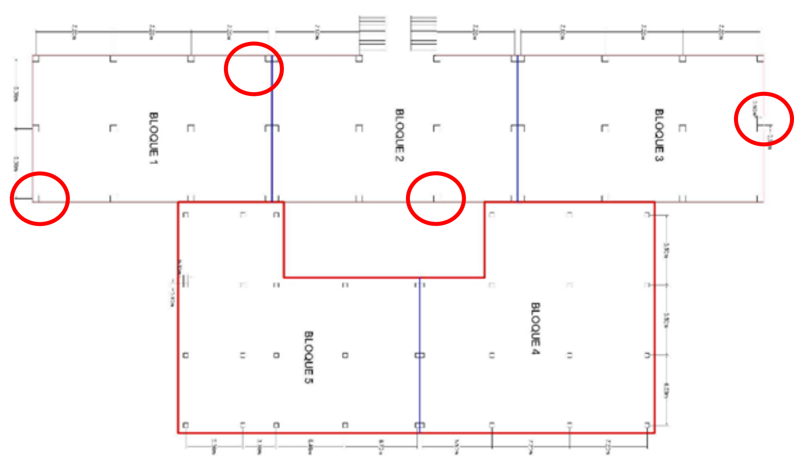


Figura 2 Bloques estructurales de la Edificación

Se observa en la figura 2, la configuración en planta de la edificación, que está conformada de cinco bloques estructurales, que se los ha denominado: Bloque Lateral Izquierdo 1, Bloque Central 2, Bloque Lateral Derecho 3 y dos bloques en planta Baja el 4 y 5, más un bloque de escaleras que son exteriores del edificio. En el bloque izquierdo1, se han intervenido dos columnas, que se indican con círculos de color rojo, en el bloque central se ha intervenido una columna medianera tal como se muestra, y en el bloque derecho se ha intervenido una columna medianera, como se indica.

Cabe mencionar que el estudio de la Evaluación estructural del Edificio, lo realizó el Grupo de Profesores de la Especialidad de Estructuras, de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Matemáticas de la UTM. En el cual se recomienda se realice el reforzamiento estructural de 30 columnas en total, diez por cada Bloque, con muros de corte de 25 centímetros de ancho y el reforzamiento de las columnas que fallaron, con una ampliación en su sección, y con una altura que va desde la cimentación hasta la losa del cuarto nivel, que corresponde al nivel 11+42. Se hace necesario hacer énfasis que en esta primera etapa solamente se han reforzado cuatro columnas, que son las que se han indicado en la figura 1 b.

También se hace necesario mencionar que estos trabajos de reforzamiento del edificio de Filosofía, se los ejecuto con Tesis de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería, mediante un programa de becas, que tiene la Universidad.

2. DAÑOS SUFRIDOS EN LA EDIFICACION DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 A.

2.1 Daños en elementos no estructurales.

La Edificación durante el terremoto del 16 A, sufrió mucho daño, de leve a intensivo, en los elementos no estructurales, como las paredes divisorias y

exteriores, en todos lo cinco niveles del edificio, en la figura 3a, y 3b, se muestran los grandes daños sufridos en las paredes, en las figuras 3c y 3d, se muestran algunos tramos de paredes exteriores, que tuvieron que ser derrocados por el peligro que presentaban para la seguridad del personal de Docentes, Administrativo y de Servicio de la Facultad y en la figura 3e, se muestran los daños ocurridos en el quinto nivel, en la misma se observa los daños muy significativos, ocurridos en el cielo raso, su destrucción es casi total en los diferentes ambientes de este nivel. Cabe notar que, los ventanales y celosías de aluminio y vidrio tuvieron un buen comportamiento durante el sismo y en raros casos algunos vidrios rotos. Aguiar *et al,* (2016,1),

En el edificio de la Facultad de Filosofía, los daños generalizados en mamposterías y cielos rasos, en los diferentes niveles se explican, que esta estructura es muy flexible, la otra causa que también influyó, fue la utilización de bloques de concreto, construidos con materiales de piedra pómez, bloques no recomendados en la construcción de paredes y como también la mala práctica constructiva tradicional de construir paredes sin confinamiento y solamente chicoteadas en sus extremos, fundidos en las columnas, pero esto no constituye ningún confinamiento.

En todas las edificaciones que se tuvo la oportunidad de evaluarlas, se observaron, esta mala práctica constructiva, de paredes construidas con bloques alivianados de concreto simple sin confinamiento.

A continuación, se muestran las figuras mencionadas anteriormente.



Figura 3 a) Daño en pared eje 1, nivel 2, bloque3; b) Daño en pared eje A, nivel 2, bloque2; c) Demolición de paredes exteriores eje 1, nivel 2 y 3 en bloque3; d) demolición de pared interior en eje 4, nivel 2, bloque2; e) Daño de paflones, en nivel 5 bloques1,2 y 3.

2.2 Daños en elementos estructurales.

Existen daños preocupantes en los elementos estructurales resistentes como: vigas, columnas, losas y escaleras; la explicación de los daños en los bloques del edificio de Filosofía se atribuye a fallas de corte, flexión, efecto de columna corta y la insuficiente junta de dilatación entre los bloques estructurales que componen la edificación; los daños se evidencian claramente de forma visual.

En la figura 4 a) y 4 b), se muestran los daños ocasionados en las dos columnas extremas del bloque central 2, en la planta baja que están ubicadas sobre el eje longitudinal (B), en la misma que se observa que los bordes de la losa de los bloques 4 y 5, al estar en un nivel más bajo que la losa del primer piso, las columnas que pegan con el edificio, con el movimiento golpean con la parte superior de las columnas causando los daños anotados.

En los bloques izquierdo, central y derecho, cuatro columnas entraron en el rango no lineal, produciéndose fallas ocultas, que al removerse los enlucidos se pueden observar fisuras de consideración, esto ocurrió en el primer nivel y en el segundo nivel que es el piso donde se produjeron las mayores derivas de piso. Estos se muestran en las figuras 4 c) y 4 d).

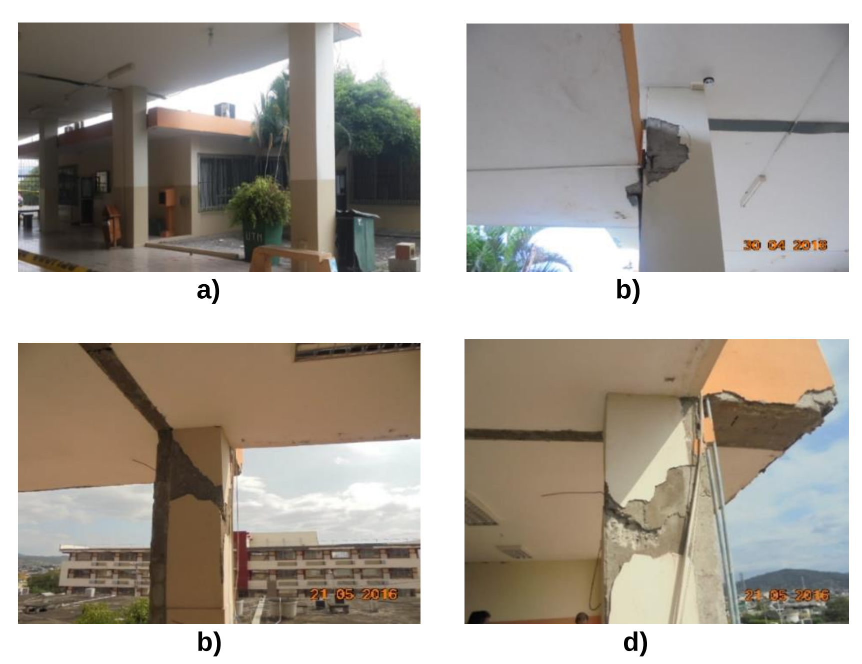


Figura 4 a) y b) Daño en columnas del eje B, entre los ejes 1 y 4, en el nivel 1; c) Daño de columna entre los ejes B y 2, en el nivel 1y 2.

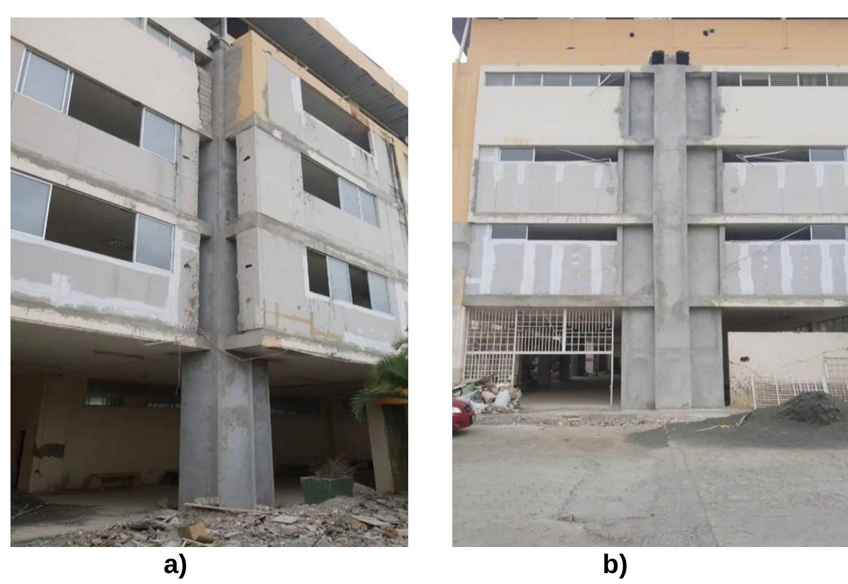
3. DEMOLICIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PAREDES.

Las autoridades de la Universidad Técnica de Manabí, en base a las recomendaciones hechas en el estudio estructural al edificio de Filosofía,

contrataron la demolición de las paredes que estaban con daños extensivos o que, en gran parte se habían caído y reconstruirlas con material liviano, en este caso se utilizó Gypsum con perfilería de acero, materiales que tienen una gran ventaja con relación a las paredes construidas con los materiales tradicionales. Entre una de las ventajas que se tiene que permite reducir considerablemente el peso de la estructura, otra de las ventajas permite instalar con mucha facilidad las instalaciones Eléctricas, Hidrosanitarias, instalaciones de Voz y Dato y en caso de existir algún daño presta mucha facilidad para desmontar las planchas de Gypsum y proceder a las reparaciones necesarias. Aguiar *et al.* (2016,2).

Cabe hacer notar que, aunque las recomendaciones indican que deben cambiarse todas las paredes de los tres bloques, solo se reconstruyeron las que estaban dañadas, tal como se muestran en las figuras, 5 a) y 5 b), como se puede observar solo en los niveles 2 y 3 se reconstruyeron con material de Gypsum.

Además, la necesidad que se tiene de cambiar la totalidad de las paredes con material liviano, es que no se afecte la posición del centro de Rigideces, ya que, al dejar una gran parte de paredes con materiales pesados, que estos contribuyen de alguna manera a la Rigidez del edificio. Ya que, al aumentar la excentricidad en cualquiera de los dos sentidos, se aumentará el momento por torsión.



a) **b)**

Figura 5 a) y b) Reconstrucción de paredes en los niveles 2 y 3 con Gypsum.

4. REPARACIÓN DE COLUMNAS

Las acciones para la reparación de las columnas, que fueron impactadas por el borde de la losa del bloque de un piso, se describen a continuación: se picó la losa en las zonas de impacto con las columnas en aproximadamente 15 cm,

con una longitud que cubra el ancho de la columna más 15 cm, a cada lado, de tal manera que cuando se produzca algún movimiento sísmico, los bloques de la edificación no se golpeen.

A la columna que se había fisurado por el golpeteo antes descrito, y como es una columna esquinera del bloque 3, está se la reforzó y se le construyo un muro de corte en forma de L, en las mismas condiciones que las otras columnas que se reforzaron.



a)



b)

Figura 6 a) y b) Picado de bordes de losas en zonas de impacto con columnas.

5. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MUROS DE CORTE

A continuación, se detalla el proceso de reforzamiento de la columna, que según el modelo del Etabs, corresponde a la B-4, la misma que es una columna esquinera y se encuentra ubicada en el primer bloque, sobre el eje longitudinal B y el eje transversal 4. Cabe indicar que este mismo procedimiento se mantuvo para las cuatro columnas, contempladas en esta primera etapa.

Primero se reforzó la columna que sufrió daño durante el sismo del 16 A, con un encamisado de concreto reforzado, aumentando la sección de 60/60 cm, a 100/100 cm, es decir se aumentaron 40 cm, por lado. Para el reforzamiento se utilizaron 56 barras de 12 mm, de diámetro y estribos de diámetro igual a 10 mm. Los detalles del armado se muestran en la figura 6. FEMA 306, (1998),

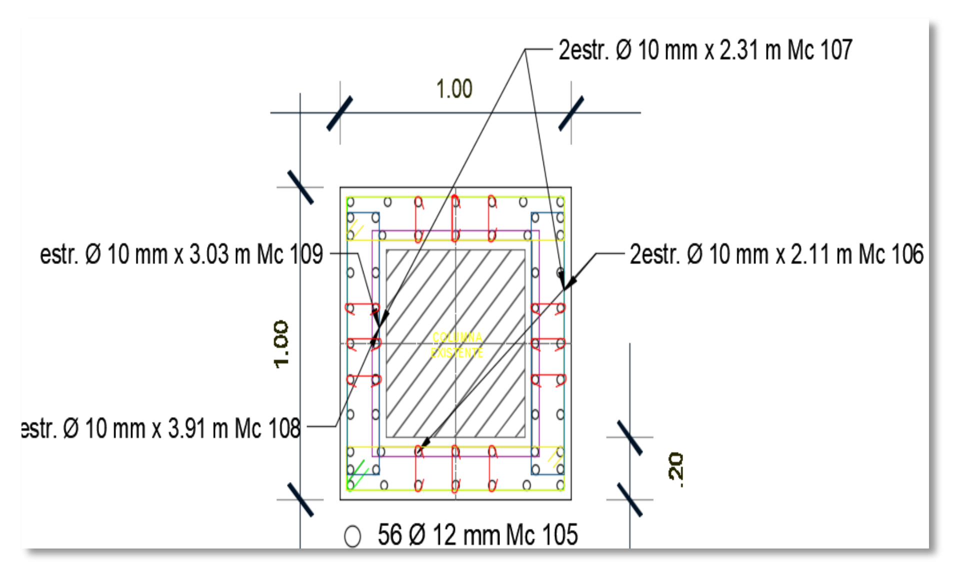


Figura 7 Detalle del refuerzo de columnas a reforzar.

Posteriormente se comenzó con la construcción de los muros de corte, que tienen una dimensión de un metro de largo por 25 cm de ancho, se utilizaron para el refuerzo longitudinal del muro, barras de 12 mm de diámetro y para el refuerzo transversal barras de 10 mm de diámetro, las mismas que se anclaron en la columna introduciéndose 30 cm, empleándose anclaje químico. Además, en el extremo del muro se remató con una columna de 25/25 cm y estribos cerrados de 10mm de diámetro, y binchas de 10 mm, para amarrar las barras longitudinales. El detalle de este refuerzo se muestra en la figura 7.

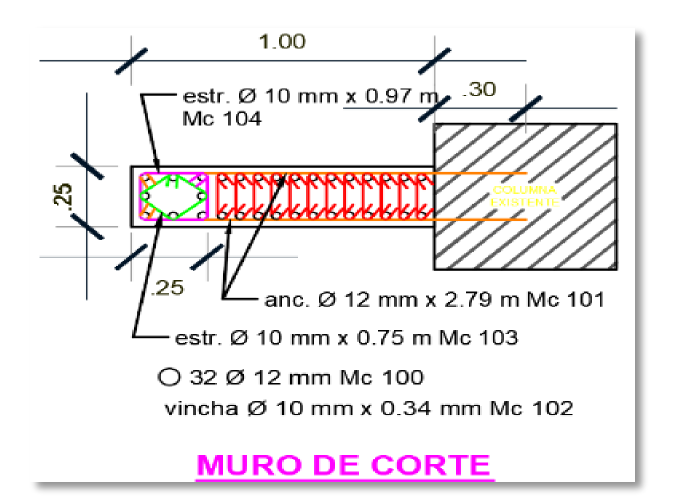


Figura 8 Detalle del refuerzo de los Muros de Corte.

Para anclar el muro a la cimentación, se tuvo que excavar hasta llegar a los cimientos de cada columna y a la vez se reforzó este cimiento, construyendo un nuevo emparrillado de acero, con barras de 14mm con una separación 20 cm en ambos sentidos, con un espesor del concreto de 30 cm. que a su vez serviría para anclar las barras longitudinales del muro y para dar continuidad a este acero

se demolió el tramo de viga, de amarre del plinto. Estos detalles se muestran en las figuras; 9 a), b), c) y d).



Figura 9 a) y b) Excavación para anclar refuerzos de acero de columnas y muros de corte; c) y d) Demolición de tramos de vigas de amarre, para dar paso a la continuidad del acero longitudinal del muro, y armado del cimiento de refuerzo.

Una vez que se realizaron los trabajos de excavación y demolición, se procedió al armado del acero de refuerzo del muro y el anclado del acero transversal en la columna y luego la fundición del plinto de refuerzo y el encofrado hasta el nivel de la losa del piso 1, estos trabajos se muestran en las figuras, 10 a), b), c) y d).



Figura 10 a) y b) armado del acero de refuerzo de columna y del muro de corte; c) y d) armado de encofrados de columna y muro.

Este procedimiento se repitió para el armado de los muros de los pisos siguientes y de idéntica manera para el reforzamiento de las otras tres columnas,

las siguientes figuras muestran como quedaron estos muros y la columna que se tomó de muestra para indicar este proceso. En la figura 11 a) se muestra la columna B-4 del bloque lateral izquierdo cuando se la iba a intervenir y en la figura 11 b) se muestra terminado el reforzamiento.



a) b)

c) d) e)

Figura 11 a) Columnas del eje B4 antes de fundir el hormigón; b) Columnas del Eje B4 después de colocar el hormigón; c), se muestra la columna C-1 reforzada, que se encuentra ubicada en el bloque lateral derecho 3, sobre los ejes longitudinal C y el eje transversal 1. La figura 11 b) muestra la columna B-2 ya reforzada, que se encuentra ubicada en el bloque central 2, sobre los ejes B y el eje 2 y la figura 11 e), muestra la columna D-1 también reforzada y terminada, que se encuentra ubicada en el bloque izquierdo 1, entre los ejes D y el eje 1.

El detalle del reforzamiento total se muestra en la figura 11), y la forma que tienen los muros de corte, unos tienen la forma de ele (**L)** y otros en forma de (**I**) y cuya ubicación también de detallan en esta figura.

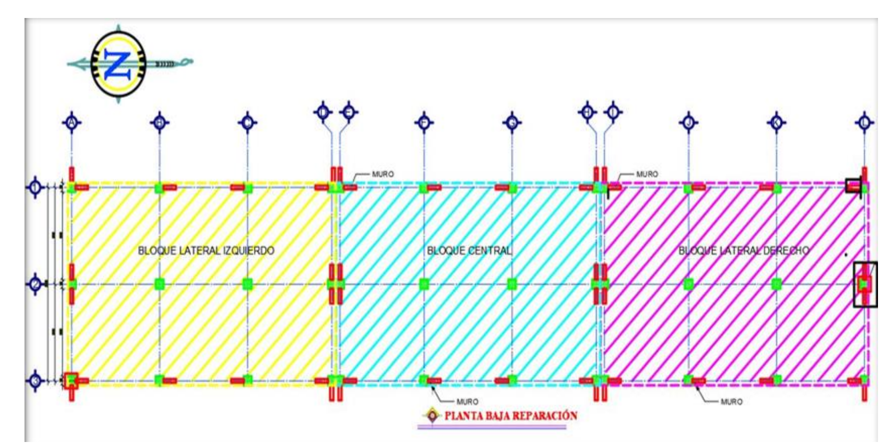


Figura 12 Detalle del reforzamiento total del edificio, vista en planta.

6. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DURANTE EL SISMO

El comportamiento que analizamos es de los tres primeros bloques, como ya se dijo tienen cinco niveles, columnas promedias de 60/60 cm. en todos sus niveles, vigas bandas y losa alivianada de 25 centímetros de espesor. La modelación de los tres bloques del edificio, se la realizo con las siguientes premisas: situación sin reforzar, situación con el reforzamiento de la primera etapa y situación reforzada completa, que es la propuesta resultante del estudio realizado. A continuación, se muestran los resultados de las modelaciones:

6.1 Resultados de la modelación sin Reforzamiento.

Bloque Izquierdo 1.

Para evaluar estos bloques se utilizó el método espectral, que es muy utilizado a nivel mundial, por su fácil comprensión y porque reporta resultados muy satisfactorios, además que uno de sus parámetros, que mejor se asocian con el daño, es la deriva de piso.

Se consideró un modelo de losa rígida, con tres grados de libertad por planta dando un total de doce grados de libertad por bloque, se emplearon los espectros de; la Norma NEC-2015 y el espectro obtenido en la ciudad de Portoviejo, del terremoto del 16 A. de un estudio de Peligrosidad sísmica, para periodos de retorno de retorno de 475 años y 975 años, realizado en el año 2016. Aguiar *et al*. (2016,1). Rivas-Medina (2016).

En la tabla 1, se muestran las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar que las máximas derivas ocurrieron en el piso 2, que son de 2,84% para el sismo en la dirección SX y de 2,51% para la dirección SY. Estos valores sobrepasan el 2% que es el estipulado como máximo

por la Norma Ecuatoriana. Lo que explica los mayores daños ocurridos en este nivel.

Tabla 1 Derivas máximas de la edificación sin reforzamiento- bloque 1.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelastica	Control
					m	m	m	%	%
Story4	SX	X	0,006339	13	0	20,5	14,2	1,9017	2
Story4	SY	Y	0,005686	10	14,5	20,5	14,2	1,7058	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,002152	18	0	0	14,2	0,6456	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,002114	10	14,5	20,5	14,2	0,6342	2
Story3	SX	X	0,00853	13	0	20,5	10,9	2,559	2
Story3	SY	Y	0,007578	10	14,5	20,5	10,9	2,2734	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,002821	18	0	0	10,9	0,8463	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,002759	10	14,5	20,5	10,9	0,8277	2
Story2	SX	X	0,009491	13	0	20,5	7,6	2,8473	2
Story2	SY	Y	0,008367	10	14,5	20,5	7,6	2,5101	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,003104	18	0	0	7,6	0,9312	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,003017	10	14,5	20,5	7,6	0,9051	2
Story1	SX	X	0,006029	10	14,5	20,5	4,3	1,8087	2
Story1	SY	Y	0,005263	10	14,5	20,5	4,3	1,5789	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,001983	3	14,5	0	4,3	0,5949	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,001905	10	14,5	20,5	4,3	0,5715	2

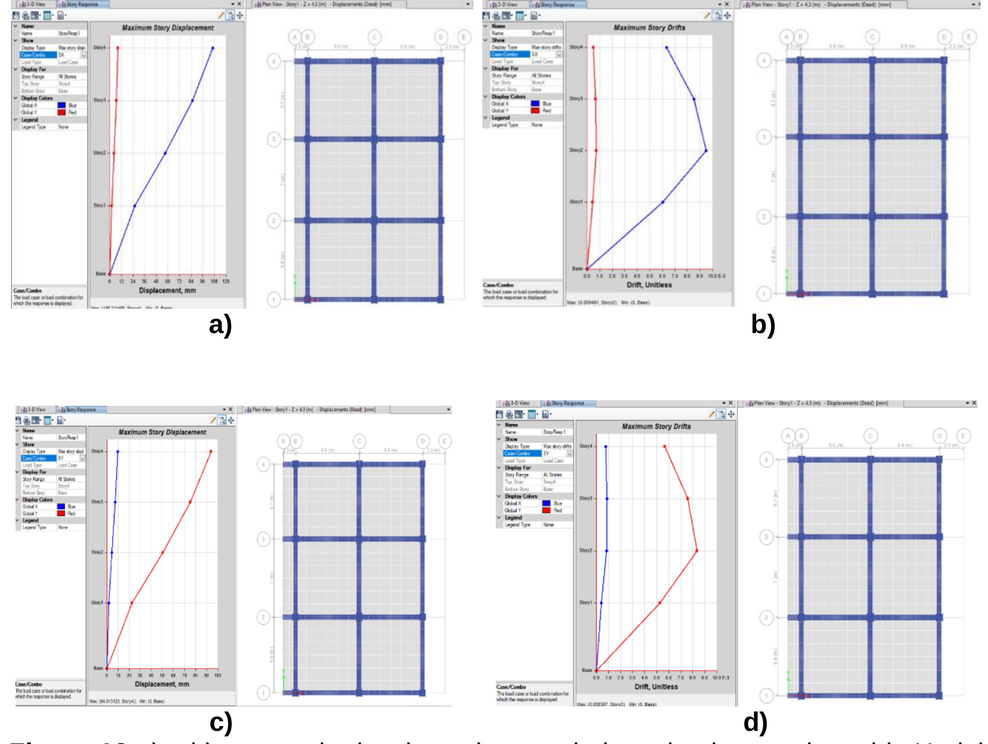


Figura 13 a) y b) curvas de desplazamiento y derivas de piso en el sentido X, del bloque 1; c) y d) curvas de desplazamiento y derivas de piso en el sentido Y, del bloque 1.

Bloque Central 2.

Para evaluar este bloque se hicieron las mismas consideraciones que para el bloque izquierdo 1, con la única diferencia que en este bloque se encuentra, el bloque de escaleras, que están unidos estructuralmente formando uno solo.

En la tabla 2, se muestran las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 2, que son del orden de 2,02% para el sismo en la dirección SX y de 2,51% para la dirección SY. Estos valores sobrepasan el 2% que es el estipulado como máximo por la Norma Ecuatoriana. Lo que explica que también en este bloque los mayores daños ocurrieron en este nivel 2.

Tabla 2 Derivas máximas de la edificación sin reforzamiento- bloque 2

TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas	Control
					m	m	m	nelasticas %	%
Story5	SX	X	0,003227	5	14,5	6,8	17,5	0,9681	2
Story5	SY	Y	0,001379	5	14,5	6,8	17,5	0,4137	2
Story5	LCase1SX Max	X	0,002375	5	14,5	6,8	17,5	0,7125	2
Story5	LCase1SX Max	Y	0,000263	7	14,5	13,8	17,5	0,0789	2
Story5	LCase1SY Max	X	0,000594	5	14,5	6,8	17,5	0,1782	2
Story5	LCase1SY Max	Y	0,001101	5	14,5	6,8	17,5	0,3303	2
Story4	SX	X	0,005731	27	18,95	13,8	14,2	1,7193	2
Story4	SY	Y	0,004399	18	0	0	14,2	1,3197	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,002767	27	18,95	13,8	14,2	0,8301	2
Story4	LCase1SX Max	Y	0,000451	31	18,95	11,4667	14,2	0,1353	2
Story4	LCase1SY Max	X	0,001498	18	0	0	14,2	0,4494	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,002155	18	0	0	14,2	0,6465	2
Story3	SX	X	0,006428	27	18,95	13,8	10,9	1,9284	2
Story3	SY	Y	0,005984	18	0	0	10,9	1,7952	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,002644	27	18,95	13,8	10,9	0,7932	2
Story3	LCase1SX Max	Y	0,000501	18	0	0	10,9	0,1503	2
Story3	LCase1SY Max	X	0,001977	18	0	0	10,9	0,5931	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,002853	18	0	0	10,9	0,8559	2
Story2	SX	X	0,007119	13	0	20,5	7,6	2,1357	2
Story2	SY	Y	0,006717	18	0	0	7,6	2,0151	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,002872	13	0	20,5	7,6	0,8616	2
Story2	LCase1SX Max	Y	0,000563	13	0	20,5	7,6	0,1689	2
Story2	LCase1SY Max	X	0,002174	18	0	0	7,6	0,6522	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,003168	18	0	0	7,6	0,9504	2
Story1	SX	X	0,006414	26	18,95	6,8	4,3	1,9242	2
Story1	SY	Y	0,004199	8	1,3	20,5	4,3	1,2597	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,002687	26	18,95	6,8	4,3	0,8061	2
Story1	LCase1SX Max	Y	0,000382	10	14,5	20,5	4,3	0,1146	2
Story1	LCase1SY Max	X	0,001272	3	14,5	0	4,3	0,3816	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,001905	8	1,3	20,5	4,3	0,5715	2

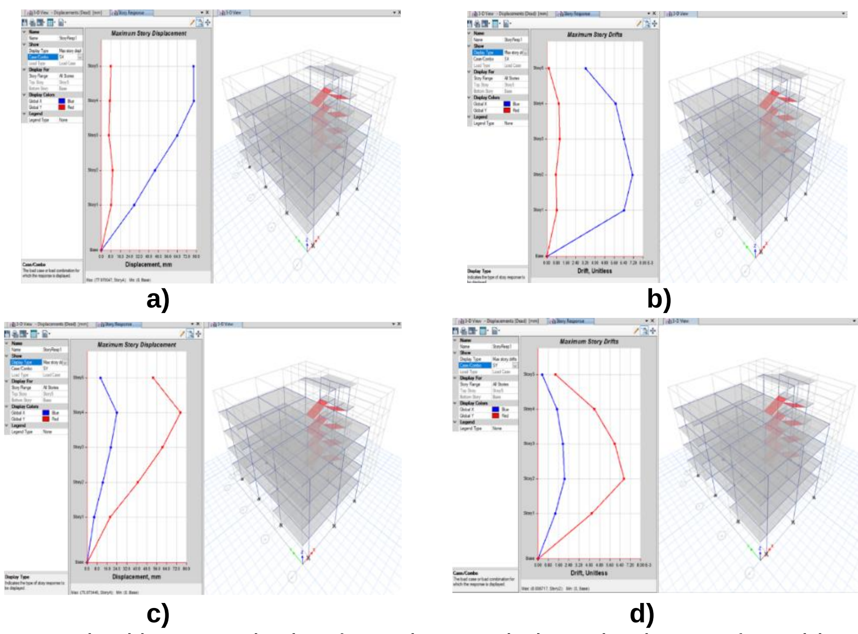


Figura 14 a) y b) curvas de desplazamiento y derivas de piso en el sentido X; c) y d) curvas de desplazamiento y derivas de piso en el sentido Y, del bloque 2.

Bloque Derecho 3.

Con las consideraciones hechas en los dos bloques anteriores, también se evaluó este tercer bloque, obteniéndose los siguientes resultados.

En la tabla 3, se muestran las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 2, que son del orden de 2,85% para el sismo en la dirección SX y de 2,51% para la dirección SY. Estos valores sobrepasan el 2% que es el estipulado como máximo por la Norma Ecuatoriana. Lo que explica que también en este bloque los mayores daños ocurrieron en este nivel 2.

Tabla 3 Derivas máximas de la edificación sin reforzamiento- bloque 3.

TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelastica	Control
					m	m	m	%	%
Story4	SX	X	0,006339	13	0	20,5	14,2	1,9017	2
Story4	SY	Y	0,005686	10	14,5	20,5	14,2	1,7058	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,002152	18	0	0	14,2	0,6456	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,002114	10	14,5	20,5	14,2	0,6342	2
Story3	SX	X	0,00853	13	0	20,5	10,9	2,559	2
Story3	SY	Y	0,007578	10	14,5	20,5	10,9	2,2734	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,002821	18	0	0	10,9	0,8463	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,002759	10	14,5	20,5	10,9	0,8277	2
Story2	SX	X	0,009491	13	0	20,5	7,6	2,8473	2
Story2	SY	Y	0,008367	10	14,5	20,5	7,6	2,5101	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,003104	18	0	0	7,6	0,9312	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,003017	10	14,5	20,5	7,6	0,9051	2
Story1	SX	X	0,006029	10	14,5	20,5	4,3	1,8087	2
Story1	SY	Y	0,005263	10	14,5	20,5	4,3	1,5789	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,001983	3	14,5	0	4,3	0,5949	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,001905	10	14,5	20,5	4,3	0,5715	2

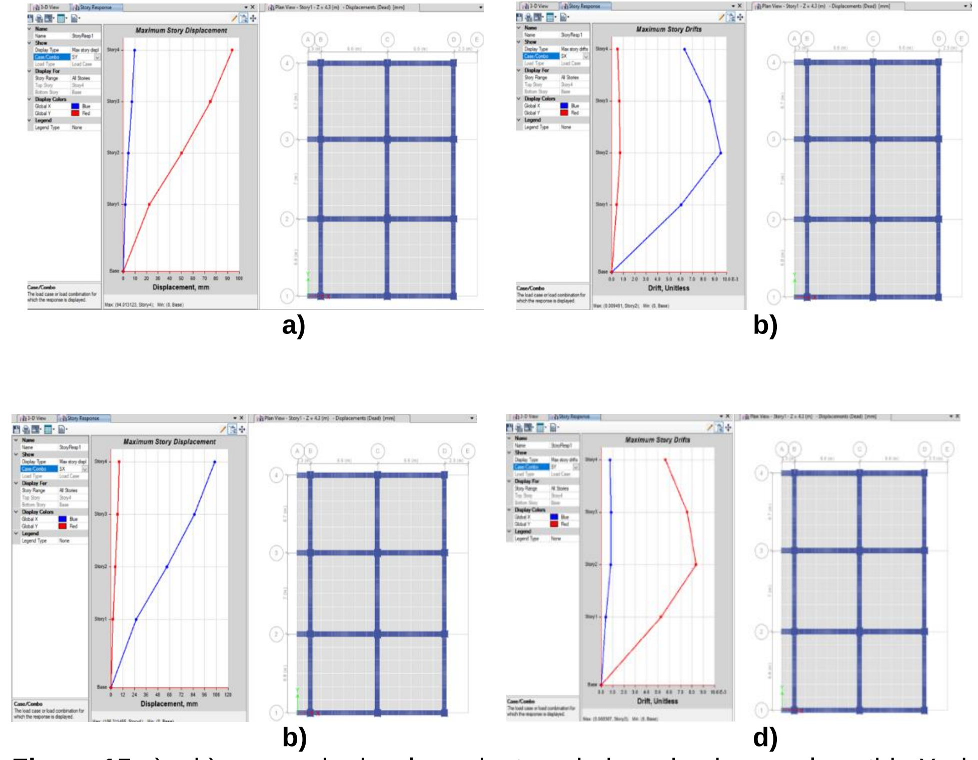


Figura 15 a) y b) curvas de desplazamiento y derivas de piso en el sentido X, del bloque 3; c) y d) curvas de desplazamiento y derivas de piso en el sentido Y, del bloque 3.

6.2 Resultados de la modelación con Reforzamiento (Primera Etapa).

Bloque Izquierdo 1.

Para evaluar estos bloques con el reforzamiento actual, esto es con las cuatro columnas reforzadas y la incorporación de los muros de corte. El primer bloque se lo modelo con dos columnas reforzadas, con dos muros en forma de **L**, los criterios considerados, es un modelo de losa rígida con tres grados libertad por planta, estos criterios se aplican a los otros dos bloques. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

En la tabla 4, se muestran las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 3, que son del orden de 1,57% para el sismo en la dirección SX y de 1,34% para la dirección SY, en el cuarto nivel. Estos valores **no** sobrepasan el 2% que es el estipulado como máximo por la Norma Ecuatoriana. Aunque se ha logrado reducir la deriva de piso, con estos valores se esperan daños.

Tabla 4 Derivas máximas con reforzamiento actual- bloque 1.

TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelásticas	Control
					m	m	m	%	%
Story4	SX	X	0,005075	13	0	20,5	14,2	1,5225	2
Story4	SY	Y	0,004483	35	15,8	0	14,2	1,3449	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,002367	35	15,8	0	14,2	0,7101	2
Story4	LCase1SX Max	Y	0,001228	35	15,8	0	14,2	0,3684	2
Story4	LCase1SY Max	X	0,001173	35	15,8	0	14,2	0,3519	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,001944	35	15,8	0	14,2	0,5832	2
Story3	SX	X	0,005248	13	0	20,5	10,9	1,5744	2
Story3	SY	X	0,001093	35	15,8	0	10,9	0,3279	2
Story3	SY	Y	0,004875	35	15,8	0	10,9	1,4625	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,002507	18	0	0	10,9	0,7521	2
Story3	LCase1SX Max	Y	0,001338	35	15,8	0	10,9	0,4014	2
Story3	LCase1SY Max	X	0,001221	18	0	0	10,9	0,3663	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,002076	35	15,8	0	10,9	0,6228	2
Story2	SX	X	0,004712	13	0	20,5	7,6	1,4136	2
Story2	SY	X	0,001134	35	15,8	0	7,6	0,3402	2
Story2	SY	Y	0,004613	35	15,8	0	7,6	1,3839	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,002312	18	0	0	7,6	0,6936	2
Story2	LCase1SX Max	Y	0,00127	35	15,8	0	7,6	0,381	2
Story2	LCase1SY Max	X	0,001111	18	0	0	7,6	0,3333	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,001927	35	15,8	0	7,6	0,5781	2
Story1	SX	X	0,00227	13	0	20,5	4,3	0,681	2
Story1	SX	Y	0,000245	13	0	20,5	4,3	0,0735	2
Story1	SY	X	0,000553	3	14,5	0	4,3	0,1659	2
Story1	SY	Y	0,002248	35	15,8	0	4,3	0,6744	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,001119	35	15,8	0	4,3	0,3357	2
Story1	LCase1SX Max	Y	0,000615	35	15,8	0	4,3	0,1845	2
Story1	LCase1SY Max	X	0,000539	35	15,8	0	4,3	0,1617	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,000929	35	15,8	0	4,3	0,2787	2

Bloque Central 2.

El bloque central 2, se lo evaluó con una columna reforzada y con un muro de corte en forma de **I,** usando los mismos criterios que, en el caso anterior. Los resultados se muestran a continuación.

En la tabla 5, se muestran las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 2, que son del orden de 1,98% para el sismo en la dirección SX y de 1,14% para la dirección SY, Estos valores **no** sobrepasan el 2% que es el estipulado como máximo por la Norma Ecuatoriana. Aunque se ha logrado reducir la deriva de piso en el sentido Y, con estos valores se esperan muchos daños y otro problema es que se incrementa el efecto de Torsión.

Tabla 5 Derivas máximas con reforzamiento actual- bloque 2.

TABLE: Story Drifts									
Story	d Case/Co	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelastica	Control
					m	m	m	%	%
Story5	SX	X	0,00327	5	14,5	6,8	17,5	0,981	2
Story5	SY	Y	0,00132	5	14,5	6,8	17,5	0,396	2
Story5	LCase1SX	X	0,002463	5	14,5	6,8	17,5	0,7389	2
Story5	LCase1SX	Y	0,000293	7	14,5	13,8	17,5	0,0879	2
Story5	LCase1SY	X	0,000464	7	14,5	13,8	17,5	0,1392	2
Story5	LCase1SY	Y	0,001294	5	14,5	6,8	17,5	0,3882	2
Story4	SX	X	0,005622	27	18,95	13,8	14,2	1,6866	2
Story4	SY	Y	0,003625	18	0	0	14,2	1,0875	2
Story4	LCase1SX	X	0,002804	27	18,95	13,8	14,2	0,8412	2
Story4	LCase1SX	Y	0,000495	31	18,95	11,4667	14,2	0,1485	2
Story4	LCase1SY	X	0,00104	13	0	20,5	14,2	0,312	2
Story4	LCase1SY	Y	0,002289	18	0	0	14,2	0,6867	2
Story3	SX	X	0,006008	27	18,95	13,8	10,9	1,8024	2
Story3	SY	Y	0,003999	18	0	0	10,9	1,1997	2
Story3	LCase1SX	X	0,002553	27	18,95	13,8	10,9	0,7659	2
Story3	LCase1SX	Y	0,000489	27	18,95	13,8	10,9	0,1467	2
Story3	LCase1SY	X	0,001124	13	0	20,5	10,9	0,3372	2
Story3	LCase1SY	Y	0,002508	13	0	20,5	10,9	0,7524	2
Story2	SX	X	0,006597	13	0	20,5	7,6	1,9791	2
Story2	SY	Y	0,003809	18	0	0	7,6	1,1427	2
Story2	LCase1SX	X	0,002753	13	0	20,5	7,6	0,8259	2
Story2	LCase1SX	Y	0,000426	31	18,95	11,4667	7,6	0,1278	2
Story2	LCase1SY	X	0,001056	13	0	20,5	7,6	0,3168	2
Story2	LCase1SY	Y	0,00237	18	0	0	7,6	0,711	2
Story1	SX	X	0,005883	26	18,95	6,8	4,3	1,7649	2
Story1	SY	Y	0,002468	26	18,95	6,8	4,3	0,7404	2
Story1	LCase1SX	X	0,002533	26	18,95	6,8	4,3	0,7599	2
Story1	LCase1SX	Y	0,000433	7	14,5	13,8	4,3	0,1299	2
Story1	LCase1SY	X	0,000581	10	14,5	20,5	4,3	0,1743	2
Story1	LCase1SY	Y	0,001188	26	18,95	6,8	4,3	0,3564	2

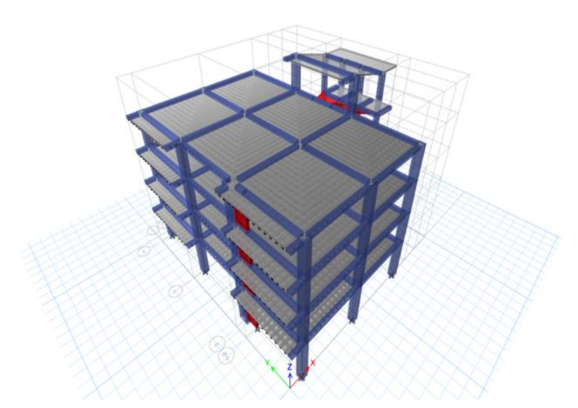


Figura 16 modelo bloque 2, con muro de corte

Bloque Derecho 3.

Este bloque se lo evaluó, también incorporando una columna reforzada y con un muro de corte en forma de **I**, a cada lado de la columna y con los criterios antes anotado se obtuvieron los siguientes resultados.

En la tabla 6, se muestran las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 2, que son del orden de 2,99% para el sismo en la dirección

SX y de 2,02% para la dirección SY, Estos valores sobrepasan el 2% que es el, estipulado como máximo por la Norma Ecuatoriana. Como se puede notar estos valores de Deriva son muy altos y también se ha aumentado notablemente la Torsión. Es decir que en este bloque se espera mucho daño en los elementos estructurales y no estructurales.

Tabla 6 Derivas máximas con reforzamiento actual- bloque 3.

TABLE: Story Drifts									
Story	d Case/Co	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelasticas	Control
					m	m	m	%	%
Story4	SX	X	0,006549	13	0	20,5	14,2	1,9647	2
Story4	SY	Y	0,005148	10	14,5	20,5	14,2	1,5444	2
Story4	LCase1SX	X	0,002608	13	0	20,5	14,2	0,7824	2
Story4	LCase1SX	Y	0,000991	3	14,5	0	14,2	0,2973	2
Story4	LCase1SY	Y	0,002096	10	14,5	20,5	14,2	0,6288	2
Story3	SX	X	0,008886	13	0	20,5	10,9	2,6658	2
Story3	SY	Y	0,00641	10	14,5	20,5	10,9	1,923	2
Story3	LCase1SX	X	0,003422	13	0	20,5	10,9	1,0266	2
Story3	LCase1SX	Y	0,001254	18	0	0	10,9	0,3762	2
Story3	LCase1SY	Y	0,00256	10	14,5	20,5	10,9	0,768	2
Story2	SX	X	0,009954	13	0	20,5	7,6	2,9862	2
Story2	SY	Y	0,006735	10	14,5	20,5	7,6	2,0205	2
Story2	LCase1SX	X	0,003777	13	0	20,5	7,6	1,1331	2
Story2	LCase1SX	Y	0,001378	18	0	0	7,6	0,4134	2
Story2	LCase1SY	Y	0,002659	10	14,5	20,5	7,6	0,7977	2
Story1	SX	X	0,006352	10	14,5	20,5	4,3	1,9056	2
Story1	SY	Y	0,004024	10	14,5	20,5	4,3	1,2072	2
Story1	LCase1SX	X	0,002409	10	14,5	20,5	4,3	0,7227	2
Story1	LCase1SX	Y	0,000798	5	14,5	6,8	4,3	0,2394	2
Story1	LCase1SY	Y	0,001612	8	1,3	20,5	4,3	0,4836	2

6.3 Resultados de la modelación con Reforzamiento Total.

Ahora se van evaluar los tres bloques de la edificación con el reforzamiento total, es decir de diez columnas por bloque, con la incorporación de muros de corte, en forma de **L**, para las columnas esquineras de los tres bloques, y en forma de **I**, para las columnas medianeras, tal como se detallan en la figura 4 o). Los resultados de las evaluaciones de los bloques se detallan a continuación.

Bloque Izquierdo 1.

Los criterios de evaluación son los mismos, que se han utilizado para las modelaciones anteriores de los bloques.

En la tabla 7, se muestran los valores de las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 4, que son del orden de 0,78% para el sismo en la dirección SX y de 0,74% en el nivel 3, para la dirección SY, Estos valores **no** llegan al 1% que son muchos menores que el estipulado por la Norma Ecuatoriana que es del 2%. Como se puede notar estos valores de Deriva son bastante aceptables y los daños esperados en la estructura son mínimos, también se ha logrado bajar notablemente el periodo de la estructura de 0,9s a 0,5 s, Y la Torsión baja considerablemente. Es decir que en este bloque **no** se esperan daño en los elementos estructurales y no estructurales.

Tabla 7 Derivas máximas con reforzamiento total- bloque 1.

TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelastica	Control
					m	m	m	%	%
Story4	SX	X	0,002616	39	15,8	20,5	14,2	0,7848	2
Story4	SY	Y	0,002403	35	15,8	0	14,2	0,7209	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,001736	28	9,2	0	14,2	0,5208	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,001616	35	15,8	0	14,2	0,4848	2
Story3	SX	X	0,002583	25	6,6	20,5	10,9	0,7749	2
Story3	SY	Y	0,002469	39	15,8	20,5	10,9	0,7407	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,001707	28	9,2	0	10,9	0,5121	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,001646	39	15,8	20,5	10,9	0,4938	2
Story2	SX	X	0,00221	25	6,6	20,5	7,6	0,663	2
Story2	SY	Y	0,0022	35	15,8	0	7,6	0,66	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,001448	28	9,2	0	7,6	0,4344	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,001447	35	15,8	0	7,6	0,4341	2
Story1	SX	X	0,001014	39	15,8	20,5	4,3	0,3042	2
Story1	SY	Y	0,001006	39	15,8	20,5	4,3	0,3018	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,000658	35	15,8	0	4,3	0,1974	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,000655	42	14,5	12,5	4,3	0,1965	2

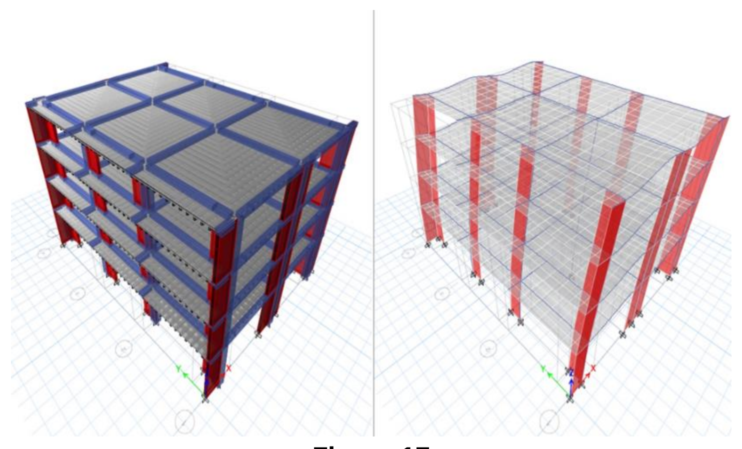


Figura 17

Figura 17 Modelación en el programa Etabs, del bloque izquierdo 1, con la incorporación de los muros de corte en 10 columnas de este bloque, la distribución y forma de los muros también se detallan.

Bloque Central 2.

En la tabla 8, se muestran los valores de las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 4, que son del orden de 0,82% para el sismo en la dirección SX y de 0,57% en el nivel 3, para la dirección SY, Estos valores **no** llegan al 1% que son muchos menores que el estipulado por la Norma Ecuatoriana que es del 2%. Como se puede notar estos valores de Deriva son bastante aceptables y los daños esperados en la estructura son mínimos, también se ha logrado bajar notablemente el periodo de la estructura de 0,9s a 0,46 s, Y la Torsión baja considerablemente. Es decir que, en este bloque, al igual que el N° 1, **no** se esperan daño en los elementos estructurales y no estructurales.

Tabla 8 Derivas máximas con reforzamiento total- bloque 2.

TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas	Control
					m	m	m	%	%
Story5	SX	X	0,001888	5	14,5	6,8	17,5	0,5664	2
Story5	SY	Y	0,001121	5	14,5	6,8	17,5	0,3363	2
Story5	LCase1SX Max	X	0,002643	5	14,5	6,8	17,5	0,7929	2
Story5	LCase1SY Max	X	0,000232	7	14,5	13,8	17,5	0,0696	2
Story5	LCase1SY Max	Y	0,001589	5	14,5	6,8	17,5	0,4767	2
Story4	SX	X	0,002733	27	18,95	13,8	14,2	0,8199	2
Story4	SY	Y	0,001838	27	18,95	13,8	14,2	0,5514	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,002329	27	18,95	13,8	14,2	0,6987	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,00171	27	18,95	13,8	14,2	0,513	2
Story3	SX	X	0,002387	33	13,2	20,5	10,9	0,7161	2
Story3	SY	Y	0,001904	18	0	0	10,9	0,5712	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,001572	20	13,2	0	10,9	0,4716	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,001391	25	14,5	19,2	10,9	0,4173	2
Story2	SX	X	0,002152	33	13,2	20,5	7,6	0,6456	2
Story2	SY	Y	0,001817	25	14,5	19,2	7,6	0,5451	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,001397	26	18,95	6,8	7,6	0,4191	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,001283	25	14,5	19,2	7,6	0,3849	2
Story1	SX	X	0,001899	26	18,95	6,8	4,3	0,5697	2
Story1	SX	Y	0,000406	31	18,95	11,4667	4,3	0,1218	2
Story1	SY	X	0,000289	30	18,95	9,1333	4,3	0,0867	2
Story1	SY	Y	0,001076	26	18,95	6,8	4,3	0,3228	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,001293	26	18,95	6,8	4,3	0,3879	2
Story1	LCase1SX Max	Y	0,000322	31	18,95	11,4667	4,3	0,0966	2
Story1	LCase1SY Max	X	0,000232	30	18,95	9,1333	4,3	0,0696	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,000746	26	18,95	6,8	4,3	0,2238	2

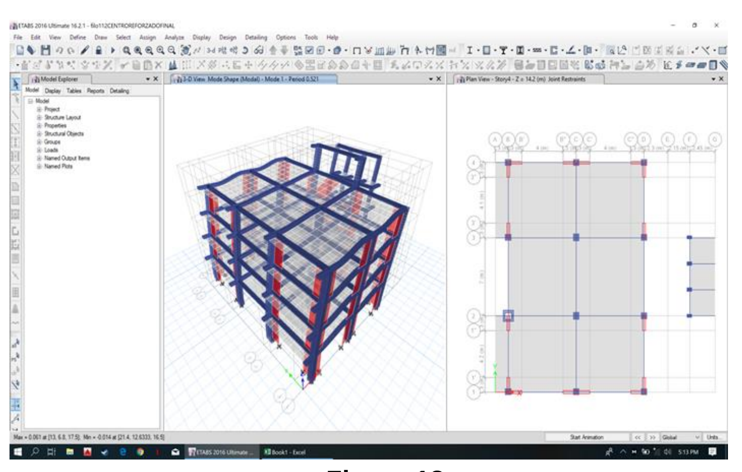


Figura 18

Figura 17 Modelación en el programa Etabs, del bloque Central 2, con la incorporación de los muros de corte en 10 columnas de este bloque, la distribución y forma de los muros también se detallan.

Bloque Derecho 3.

En la tabla 9, se muestran los valores de las derivas de piso, para los sismos en la dirección X y en la dirección Y. Se puede notar también que, las máximas derivas ocurrieron en el piso 3, que son del orden de 0,70% para el sismo en la dirección SX y de 0,71% en el nivel 3, para la dirección SY, Estos valores **no** llegan al 1% que son muchos menores que el estipulado por la Norma Ecuatoriana que es del 2%. Como se puede notar estos valores de Deriva son bastante aceptables y los daños esperados en la estructura son mínimos, también se ha logrado bajar notablemente el periodo de la estructura de 0,9s a 0,46 s, Y la Torsión baja considerablemente. Es decir que, en este bloque, al igual que el N° 1, **no** se esperan daño en los elementos estructurales y no estructurales, al igual que en los dos bloques anteriores.

T**abla 9** Derivas máximas con reforzamiento total- bloque 3.

TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Comb	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Inelásticas	Control
					m	m	m	%	%
Story4	SX	X	0,002296	26	9,2	20,5	14,2	0,6888	2
Story4	SY	Y	0,002309	42	14,5	12,5	14,2	0,6927	2
Story4	LCase1SX Max	X	0,001481	26	9,2	20,5	14,2	0,4443	2
Story4	LCase1SY Max	Y	0,001548	42	14,5	12,5	14,2	0,4644	2
Story3	SX	X	0,002321	25	6,6	20,5	10,9	0,6963	2
Story3	SY	Y	0,002372	42	14,5	12,5	10,9	0,7116	2
Story3	LCase1SX Max	X	0,001484	25	6,6	20,5	10,9	0,4452	2
Story3	LCase1SY Max	Y	0,001577	42	14,5	12,5	10,9	0,4731	2
Story2	SX	X	0,002034	25	6,6	20,5	7,6	0,6102	2
Story2	SY	Y	0,002113	42	14,5	12,5	7,6	0,6339	2
Story2	LCase1SX Max	X	0,001283	25	6,6	20,5	7,6	0,3849	2
Story2	LCase1SY Max	Y	0,001387	42	14,5	12,5	7,6	0,4161	2
Story1	SX	X	0,000943	25	6,6	20,5	4,3	0,2829	2
Story1	SY	Y	0,000983	42	14,5	12,5	4,3	0,2949	2
Story1	LCase1SX Max	X	0,000588	25	6,6	20,5	4,3	0,1764	2
Story1	LCase1SY Max	Y	0,000638	42	14,5	12,5	4,3	0,1914	2

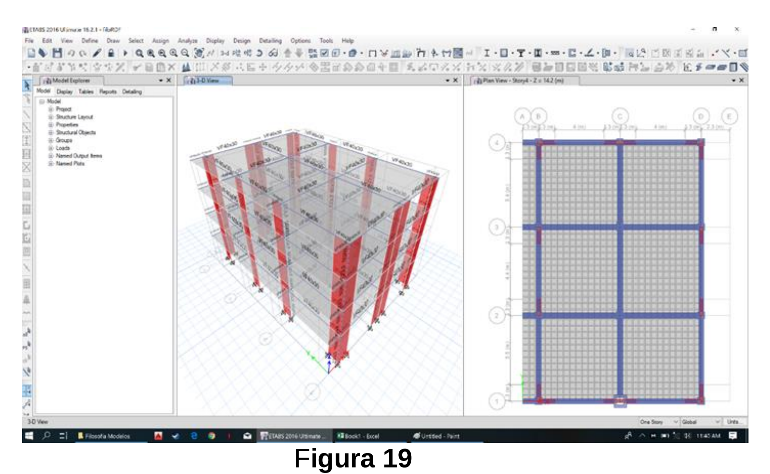


Figura 19

Figura 19 Modelación en el programa Etabs, del bloque Derecho 3, con la incorporación de los muros de corte en 10 columnas de este bloque, la distribución y forma de los muros también se detallan, como en los dos casos anteriores.

7. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

La primera etapa de reparación del edificio de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, ejerce un compromiso general que recae en quienes forman parte de la Universidad Técnica de Manabí, estudiantes, personal administrativo, docentes, y de manera especial con las autoridades principales, para que se continúe con las siguientes etapas de reforzamiento, las mismas que posteriormente permitirán habilitar los tres bloques, que forman parte de la edificación principal de la facultad mencionada, de una forma segura y que beneficiará de manera directa a estudiantes, docentes y personal administrativo con la reactivación y recuperación de las aulas, espacios de aprendizaje fundamentales para la Comunidad Universitaria.

Entre las conclusiones a que se ha llegado con el reforzamiento y evaluación de esta, primera etapa del edificio de Filosofía es:

La edificación es muy flexible, ya que durante del sismo de 16 A, se desplazó demasiado y las Derivas de piso sobrepasaron el valor del 2% que es el valor aceptado por nuestra Norma, NEC-2015, por lo que se explica los daños excesivos que tuvo el edificio.

Respecto al cambio del material de las paredes, como se hizo notar anteriormente, no se lo realizó en su totalidad en los tres bloques, si no solamente en las paredes que estaban seriamente dañadas o habían colapsado.

El reforzamiento se lo realizó de una manera parcial y no como se había recomendado en los estudios, esto es de diez columnas por bloque con sus respectivos muros de corte. La estructura tal como está reforzada actualmente, en un próximo evento sísmico va a sufrir muchos daños. Se van a incrementar las derivas de piso y el Momento de Torsión.

REFERENCIAS

1. Aguiar R., Zevallos M., Palacios J., García L., Menéndez E., (2016,1), *Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía. Terremoto de Ecuador del 16 de abril de 2016,* Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH, 283 p. Portoviejo, Ecuador.
2. FEMA 306, (1998), *Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings, Basic Procedures Manual,* Applied Technology Council (ATC-43 Project), Federal Emergency Management Agency, 270 p.
3. ACI-318. (2011). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario.* Faminton Hills: American Concrete Institute.
4. NEC-SE-DS (2015) *Norma Ecuatoriana de la Construcción,* Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI.
5. Aguiar R., García L., Zevallos M., Palacios J., Menéndez E., (2017,9), *Reforzamiento Sísmico de Edificio Banco Central de Manta, Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras* **Vol. 22, 4, 479-501 (2017)**.

6. Aguiar R., Del Castillo F., Mizobe J., y Mendoza P., (2016), "Rehabilitación de edificio afectado por el terremoto del 16 de abril de 2016 en la ULEAM", *Revista Gaceta Técnica,* **15 (1),** 9-22, Venezuela.
7. Barbat A., Oller S., Vielma J. C., (2005), *Cálculo y diseño sismorresistentes de edificios. Aplicación de la Norma NCSE-02,* Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Monografía de Ingeniería Sísmica, **IS 56,** 183 p.
8. Chang S., Tsai K., Chen K., (1998), "Improved time integration for seudo dynamic tests", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics,* **Vol 27,** 711-730.
9. Park Y, (1985), *Seismic damage analysis and damage limiting design for reinforced concrete structures*, Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, and University of Illinois at Urbana Champaign.
10. Tena A., Nangullasmú H., (2013) "Diseño sísmico de marcos no dúctiles de concreto reforzado con disipadores de energía histérico: Definición de parámetros de diseño". *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil,* 13 (2), 275-299.
11. Tena A., Nangullasmú H., (2013) "Diseño sísmico de marcos no dúctiles de concreto reforzado con disipadores de energía histérico: Definición de parámetros de diseño". *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil,* 13 (2), 275-299.
12. Vielma J. C., Cando M., (2014), "Implementación del FEMA P695 en la evaluación de las estructuras metálicas del Ecuador", *Revista Ciencia,* **16 (2),** 209-236.
13. Whittaker A.S., Bertero V., Alonso L., and Thompson C., (1989), *Earthquake simulator testing of steel plate added damping and stiffness elements,* Report UCB/EERC-89/02. Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley.
14. Chopra, A. K. y R. K. Goel (2002), "A modal pushover analysis for estimating seismic demands of buildings", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 31, pp. 561-582.